



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 101 08 774.8

**Anmeldetag:** 23. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** Carl Zeiss, Heidenheim an der Brenz/DE

**Bezeichnung:** Koordinatenmessgerät zum Antasten eines  
Werkstücks, Tastkopf für ein Koordinaten-  
messgerät und Verfahren zum Betrieb eines  
Koordinatenmessgerätes

**IPC:** G 01 B 5/012

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**Brosig**

# DIEHL · GLAESER HITTL & PARTNER

GESELLSCHAFT BÜRGERLICHEN RECHTS

Patentanwälte · Augustenstrasse 46 · D - 80333 München

Dr. Hermann O. Th. Diehl · Diplom-Physiker  
Joachim W. Glaeser · Diplom-Ingenieur\*  
Dr. Elmar Hittl · Diplom-Chemiker  
Dr. Elisabeth Engelhard · Diplom-Biologin  
Dr. Frank Schorr · Diplom-Physiker

In Kooperation mit Diehl & Partner AG  
CH - 7513 Silvaplana · Schweiz

Patentanwälte · European Patent Attorneys  
München · Hamburg\*

23. Februar 2001

Neue Deutsche Patentanmeldung

Z8549-DE FS/OC

Anmelder: Carl Zeiss  
D-89518 Heidenheim (Brenz)  
Deutschland

Koordinatenmeßgerät zum Antasten eines Werkstücks,  
Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät und  
Verfahren zum Betrieb eines Koordinatenmeßgerätes

Kanzlei · Office: München

Telefon · Telephone  
(089) 17 86 36-0

Telefax · Facsimile  
(089) 1 78 40 33  
(089) 1 78 40 34

E-mail/Internet  
info@diehl.ccn.de  
www.diehl-patent.de

Anschrift · Address  
Augustenstrasse 46  
D - 80333 München

Postanschrift · Mailing address  
P.O. Box 34 0115  
D - 80098 München

Carl Zeiss  
Z8549-DE

5           Koordinatenmeßgerät zum Antasten eines Werkstücks,  
            Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät und  
            Verfahren zum Betrieb eines Koordinatenmeßgerätes

---

10

Die Erfindung betrifft ein Koordinatenmeßgerät mit einem  
Taststift zum Antasten eines Werkstücks. Ferner betrifft die  
Erfindung einen Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät, wobei  
der Tastkopf zur Halterung des Taststiftes und zur Registrie-  
15    rung eines Kontakts zwischen Taststift und Werkstück vorgese-  
hen ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum  
Antasten eines Werkstücks mittels eines Koordinatenmeßgerä-  
tes.

20   Herkömmliche Koordinatenmeßgeräte weisen eine Werkstückhalte-  
rung zur Anbringung eines zu vermessenden bzw. anzutastenden  
Werkstücks und einen bezüglich der Werkstückhalterung räum-  
lich verfahrbaren Tastkopf auf. An dem Tastkopf ist ein Tast-  
stift in einer Ruhelage bezüglich des Tastkopfes gehalten,  
25   wobei der Tastkopf Auslenkungen des Taststiftes aus seiner  
Ruhelage registriert. Zur Bestimmung von Koordinaten einer  
Oberfläche des Werkstücks wird der Tastkopf bezüglich der  
Werkstückhalterung räumlich verfahren, bis eine Spitze des  
Taststiftes mit der Oberfläche des Werkstücks in Berührungs-  
30   kontakt kommt. Hierzu wird die Spitze des Taststiftes so  
lange auf die Oberfläche des Werkstücks zubewegt, bis die  
Berührung des Werkstücks durch die Tastspitze von dem Tast-  
kopf über eine Auslenkung der Tastspitze aus ihrer Ruhelage  
registriert wird. Sodann werden die Relativposition des Tast-  
35   kopfes bezüglich der Werkstückhalterung und damit die Koordi-  
naten der Werkstückoberfläche in einem wählbaren Koordinaten-

system ermittelt. Es können auf ähnliche Weise weitere Koordinaten von Oberflächenpunkten des Werkstücks ermittelt werden.

- 5 Im Hinblick auf eine schnelle Abtastung der Werkstückoberflächen sollte eine Annäherung der Tastspitze an die Werkstückoberfläche durch eine schnelle Relativbewegung zwischen Tastkopf und Werkstückhalterung erfolgen. Allerdings muß diese Annäherung auch vorsichtig erfolgen, um zu vermeiden, daß
- 10 Komponenten des Tastkopfes und der Tastspitze beschädigt werden, wenn die Bewegung des Tastkopfes relativ zu dem Werkstück beim Kontakt mit demselben nicht schnell genug gebremst werden kann.
- 15 Deshalb erfolgt die Annäherung der Tastspitze an das Werkstück unter Beobachtung eines Benutzers, der mit dem Auge die Annäherung der Tastspitze an das Werkstück registrieren und daraufhin die Annäherungsgeschwindigkeit verzögern kann. Ferner wählt der Benutzer auch mit dem Auge die Oberflächen-
- 20 teile bzw. Geometrieelemente des Werkstücks aus, welche aktuell angetastet werden sollen. Hierzu blickt der Benutzer bei herkömmlichen Koordinatenmeßgeräten mit seinem Auge unmittelbar auf die Tastspitze und das Werkstück.
- 25 Bei miniaturisierten Werkstücken und komplizierten Werkstückgeometrien ist die direkte Beobachtung von Tastspitze und Werkstückoberfläche für den Benutzer unter Umständen mühsam oder gar unmöglich.
- 30 Aus EP 0 614 517 B1 ist ein Koordinatenmeßgerät bekannt, bei dem der Benutzer nicht mit dem freien Auge auf Tastspitze und Werkstück blickt, sondern hierzu auf einen Monitor blickt, der ein Bild der Umgebung der Tastspitze darstellt. Zur Aufnahme des Monitorbildes trägt das Koordinatenmeßgerät neben
- 35 dem Tastkopf eine Kamera mit einem Objektiv, welche relativ zueinander derart ausgerichtet sind, daß die Kamera ein Bild

der Tastspitze und des Bereichs der Werkstückoberfläche liefert, an dem sich die Tastspitze annähert.

5 Es hat sich gezeigt, daß sich der Aufbau dieses bekannten Koordinatenmeßgerätes an bestimmte Anwendungen nicht befriedigend anpassen läßt.

10 Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Koordinatenmeßgerät mit einer Beobachtungsoptik zum Beobachten der Tastspitze vorzuschlagen, welches für weitere Anwendungsformen geeignet ist.

15 Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung einen Tastkopf für ein solches Koordinatenmeßgerät vorzuschlagen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, einen solchen Tastkopf vorzuschlagen, der eine zuverlässige Beobachtung der Tastspitze oder/und eine stärkere Miniaturisierung des Tastkopfes ermöglicht. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein entsprechendes Verfahren zum Antasten eines Werkstückes anzugeben.

20 Die Erfindung geht hierzu aus von einem Tastkopf mit einem Tastkopfchassis, welches eine tragende Struktur für Komponenten des Tastkopfes bildet und an dem Koordinatenmeßgerät fest anbringbar ist. Hierbei ist an dem Tastkopf ferner eine Taststifthalterung vorgesehen, an welcher ein Taststift zur Antastung des Werkstücks anbringbar ist und welche bezüglich des Tastkopfchassis aus einer Ruhelage auslenkbar ist. Zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung bezüglich des  
25 Tastkopfchassis ist ein Auslenkungsmeßsystem vorgesehen, und um einem Benutzer die Beobachtung der Taststiftspitze und deren Annäherung an das Werkstück zu ermöglichen, ist an dem Chassis ferner eine Beobachtungsoptik angebracht.

35 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Anbringung von Beobachtungsoptik und Tastkopf nebeneinander bei dem

vorangehend beschriebenen herkömmlichen Koordinatenmeßgerät zu geometrischen Einschränkungen führt und insbesondere eine Miniaturisierung des Systems aus Tastkopf und Beobachtungsoptik erschwert. Der Erfindung liegt deshalb die Idee zugrunde, die Beobachtungsoptik in den Tastkopf zu integrieren, so daß die Beobachtungsoptik durch den Tastkopf "hindurchschaut".

Der erfindungsgemäße Tastkopf zeichnet sich dann dadurch aus, daß ein Querträger, also eine tragende Komponente des Tastkopfes, welche sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes erstreckt, im Strahlengang der Beobachtungsoptik liegt. Diese sich quer erstreckende tragende Komponente kann insbesondere in dem Kraftfluß zwischen der Taststifthalterung und dem Koordinatenmeßgerät und insbesondere in dem Kraftfluß zwischen Taststifthalterung und Chassis liegen und Teil der Taststifthalterung oder/und des Chassis oder/und einer weiteren zwischen Chassis und Taststifthalterung vorgesehenen Komponente sein.

Daß die sich quer erstreckende tragende Komponente im Strahlengang der Beobachtungsoptik angeordnet ist, bedeutet hier, daß Linien des geometrischen Strahlengangs zwischen einer Fokalebene der Beobachtungsoptik, in der beispielsweise die Taststiftspitze anordenbar ist, und einer Eintrittslinse der Beobachtungsoptik diese sich quer erstreckende Komponente schneiden. Es ist dieser Querträger somit prinzipiell dazu geeignet, die Bildebene der Beobachtungsoptik wenigstens teilweise zu verdecken. Um gleichwohl die gewünschte Beobachtungsmöglichkeit durch die Beobachtungsoptik zu gewährleisten, ist der Querträger deshalb wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ausgebildet.

Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß der Querträger selbst aus einem strahlungstransparenten Material gefertigt ist. Besonders bevorzugt ist es hierbei, den Querträger selbst aus Glas zu fertigen.

Alternativ ist es hierzu vorzugsweise ebenfalls möglich, den Querträger mit einer oder mehreren Ausnehmungen derart zu versehen, daß seine tragende Funktion einerseits erhalten bleibt und andererseits ausreichend Durchtrittsmöglichkeiten für Strahlung zwischen der Objektebene und einer Eintritts- linse der Beobachtungsoptik geschaffen sind. Der Querträger kann hierzu durch mehrere Materialstreifen gebildet sein, zwischen denen Lücken zum Lichtdurchtritt vorgesehen sind, der Querträger kann als ein Netz oder Gitter ausgebildet sein, er kann als perforierte Fläche ausgebildet sein, oder seine die tragende Funktion bereitstellenden Komponenten können so schmal ausgebildet sein, daß eine ausreichend große Fläche für den Lichtdurchtritt verbleibt.

Vorteilhafterweise fallen eine optische Hauptachse der Beobachtungsoptik und eine Längsachse des Taststiftes im wesentlichen zusammen. Die Blickrichtung des Benutzers auf das Werkstück ist damit gleich der Erstreckungsrichtung des Taststiftes.

Vorzugsweise liegt hierbei auch der Teil der Taststifthalterung, an welcher der Fuß des Taststiftes unmittelbar angebracht ist, auf oder nahe der Hauptachse der Beobachtungsoptik, wobei dann, gesehen in dieser Hauptachse, um den Fuß des Taststiftes herum eine ausreichende Fläche an Ausnehmungen bzw. transparenten Körpern vorgesehen ist, um den Blick auf die Tastspitze zu ermöglichen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Querträger elastisch deformierbar und als eine Komponente ausgebildet, die die Grundkörper von Chassis und Taststifthalterung elastisch miteinander verbindet. Der Querträger kann dann dazu vorgesehen sein, die Ruhelage der Taststifthalterung bezüglich des Tastkopfchassis festzulegen und auch

eine Rückstellkraft gegenüber Auslenkungen aus dieser Ruhelage bereitzustellen.

Im Hinblick auf eine Miniaturisierung der Anordnung und auf wohldefinierte Rückstellkräfte sind der Querträger und Komponenten des Tastkopfchassis und der Taststifthalterung integral aus einem Materialblock gefertigt.

Der Materialblock ist vorzugsweise ein Einkristall, beispielsweise aus Silizium, wobei vorteilhafterweise Ätztechniken zur Fertigung der gewünschten Gestalt der Komponenten eingesetzt werden.

Das Auslenkungsmeßsystem ist hierbei vorzugsweise derart realisiert, daß es elastische Deformationen des Querträgers oder/und von Bereichen des Tastkopfchassis oder der Taststifthalterung registriert. Hierzu sind vorzugsweise Dehnmeßstreifen vorgesehen, welche bereichsweise an dem Querträger oder/und Bereichen des Tastkopfchassis oder/und der Taststifthalterung vorgesehen sind, wobei die Meßstreifen auch in diese Komponenten integriert sein können.

Die Erfindung sieht ferner ein Koordinatenmeßgerät vor, welches den vorangehend beschriebenen Tastkopf aufweist, und weiter sieht die Erfindung ebenfalls ein Verfahren zum Antasten eines Werkstückes vor, bei dem einem Benutzer der Blick auf die Taststiftspitze bzw. das anzutastende Werkstück durch die in den Tastkopf integrierte Beobachtungsoptik ermöglicht wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Koordinatenmeßgerätes,



- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Tastkopfes des Koordinatenmeßgerätes der Figur 1 im Schnitt,
- Figur 3 eine Darstellung des Tastkopfes der Figur 2, geschnitten entlang einer Linie III-III der Figur 2,
- Figur 4 eine weitere Ausführungsform eines Tastkopfes für das Koordinatenmeßgerät der Figur 1,
- Figur 5 eine Darstellung einer Komponente des Tastkopfes der Figur 4 in Draufsicht,
- Figur 6 die in Figur 5 gezeigte Komponente in einer Schnittdarstellung entlang einer Linie VI-VI der Figur 5,
- Figur 7 eine Darstellung der Komponente der Figuren 5 und 6 mit montiertem Taststift und Auslenkung aus der Ruhelage,
- Figur 8 eine der Figur 7 entsprechende Darstellung mit einer anderen Auslenkung aus der Ruhelage und
- Figur 9 eine Variante der in Figur 5 dargestellten Komponente.

Die Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Koordinatenmeßgerät 1 mit einem Sockel 3 und einem daran angebrachten Stativ 5, an dem eine Tastkopfhalterung 7 in Vertikalrichtung (z-Richtung) verschiebbar gehaltert ist. Die Tastkopfhalterung 7 trägt einen Tastkopf 9, an dem ein Taststift 11 gehaltert ist. Auf dem Sockel 3 ist ein Verschiebetisch 13 vorgesehen, der eine Werkstückhalterung 15 in der Horizontalebene (x-Richtung, y-Richtung) verschiebbar trägt. Auf der Werkstückhalterung 15 ist ein Werkstück 17 angebracht, welches durch das Koordinatenmeßgerät 1 vermessen werden soll. Hierzu verfährt

ein Benutzer den Tastkopf 9 so lange, bis eine Spitze 19 des Taststiftes 11 in Kontakt mit einer gewünschten Stelle auf der Oberfläche des Werkstücks 17 gelangt. Sobald die Taststiftspitze 19 in Kontakt mit dem Werkstück 17 gelangt, wird der Taststift 11 aus seiner Ruhelage an dem Tastkopf ausge-  
lenkt, und diese Auslenkung wird von dem Koordinatenmeßgerät registriert, worauf es die Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  des Berührungspunktes zwischen Werkstück 17 und Taststiftspitze 19 registriert.

Um eine vorsichtige Annäherung der Taststiftspitze 19 an das Werkstück 17 durchzuführen und eine Beschädigung des Taststiftes 11 bei der Annäherung an das Werkstück 17 zu vermeiden, beobachtet der Benutzer die Tastspitze 19 während der Annäherung oder in Pausen zwischen Annäherungsschritten durch eine Beobachtungsoptik 21, von der Komponenten in dem Tastkopf 9 angeordnet und in Figur 1 nicht dargestellt sind. In Figur 1 dargestellt ist ein Okular 23 der Beobachtungsoptik sowie eine Kamera 25 derselben.

Die Figuren 2 und 3 zeigen den Tastkopf 9 im Detail. Der Tastkopf 9 umfaßt eine Tastkopfchassis 27 aus einem Rohr 29 mit Rechteckquerschnitt sowie einer an einem Stirnende 31 des Rohrs 29 angebrachten Grundplatte 33. Das dem Stirnende 31 entgegengesetzte Ende des Rohrs 29 ist fest an der Tastkopfhalterung 7 des Koordinatenmeßgerätes 1 angebracht, womit auch das Chassis 27 fest an dem Tastkopfträger 7 gehalten ist.

Die im Betrieb des Koordinatenmeßgerätes 1 horizontal ausgerichtete Grundplatte 33 weist eine zentrale quadratische Ausnehmung 35 auf, deren Umfangswände mit Abstand von Innenwänden des Rohrs 29 angeordnet sind. Auf einer Oberseite 37 der Grundplatte 33 liegt eine Glasplatte 39 in Horizontalrichtung verschiebbar auf. Um einen Reibwiderstand gegenüber Verschiebung der Glasplatte 39 relativ zu der Grundplatte 33

zu vermindern, ist zwischen der Grundplatte 33 und der Glasplatte 39 ein Ölfilm 41 vorgesehen, der sich ringförmig um die Ausnehmung 35 herum erstreckt.

5 Die Glasplatte 39 ist auf der Grundplatte 33 und innerhalb des Rohres 29 mittels Federn 43 in einer zentralen Ruhestellung gehalten, wobei eine jede Feder 43 mit ihrem einen Ende in einer Ecke des Rohrs 29 an der Grundplatte 33 und mit ihrem anderen Ende an einer entsprechenden oberen Ecke der  
10 Glasplatte 39 festgemacht ist.

Gegen eine Rückstellkraft der Federn 43 ist die Glasplatte 39 horizontal aus ihrer Ruhestellung heraus verlagerbar, wobei vier Anschläge 45 diese horizontale Verlagerung beschränken.  
15 Die Anschläge 45 sind als Klötzchen ausgebildet, die mit ihren Unterseiten auf der Grundplatte 33 aufliegen und mit ihren Seiten an den Innenwänden des Rohrs 29 anliegen, wobei die Anschläge 45 jeweils mittig an den Innenwänden des Rohrs 29 angeordnet sind.

20 Im Zentrum der Glasplatte 39 ist eine Bohrung 45 von der Unterseite der Glasplatte 39 her eingebracht, in welche ein Ende bzw. ein Fuß eines Taststiftes 47 eingeklebt ist. An dem anderen nicht an der Glasplatte 39 festgemachten Ende des  
25 Taststiftes 47 trägt dieser eine Rubinkugel 49, welche die Tastspitze des Koordinatenmeßgerätes 1 bildet und welche zum Antasten des Werkstücks 17 in Berührungskontakt mit dessen Oberfläche zu bringen ist.

30 Gelangt die Tastspitze 49 durch Verfahren des Tastkopfes 9 relativ zu dem Werkstück 17 in seitlichen Kontakt mit dessen Oberfläche, so resultiert daraus eine Andruckkraft, welche entgegen der Wirkung der Federn 43 zu einer horizontalen Verlagerung der Glasplatte 39 aus ihrer Ruhelage bezüglich  
35 des Chassis 27 des Tastkopfes 9 führt.

Die Auslenkung der Platte 39 aus der Ruhelage ist mittels eines Auslenkungsmeßsystemes 51 bestimmbar. Dieses umfaßt zwei Sensorträger 53, welche jeweils mittig an zwei benachbarten Seitenwänden des Rohrs 29 festgemacht sind und horizontal über die Glasplatte 39 ragen. Ein jeder Sensorträger 53 trägt an seiner Unterseite einen optischen Sensor 55 derart, daß er mit geringem Abstand über der Oberfläche der Glasplatte 39 angeordnet ist. Auf der Oberseite der Glasplatte 39 sind in Bereichen unterhalb der Sensoren 55 Strichmarkierungen 57 vorgesehen, welche jeweils von den Sensoren 55 optisch abgetastet werden. Eine Verlagerung der Glasplatte 39 und damit der Strichmarkierungen 57 wird von den Sensoren 55 erfaßt und in ein entsprechendes Meßsignal umgewandelt, worüber eine zentrale Steuerung des Koordinatenmeßgerätes 1 die Auslenkung der Glasplatte 39 aus der Ruhelage dem Werte nach erfassen kann.

Die Beobachtungsoptik 21 umfaßt neben dem Okular 23 und dem Kameraaufsatz 25 (Figur 1) noch ein Objektiv 61, welches über eine im Inneren des Rohrs 29 festgemachte Verschiebehalterung 63 an dem Chassis 27 gehalten ist. Hierbei ist das Objektiv 61 bezüglich des Chassis 27 in z-Richtung durch einen Antrieb verlagerbar, der eine an dem Objektiv 61 festgelegte Zahnstange 65 und ein darin eingreifendes von außen betätigbares Antriebsritzel 67 umfaßt.

Das Objektiv 61 umfaßt eine dem Okular 23 zuweisende Austrittslinse 69 und eine der Tastspitze 49 zuweisende Eintrittslinse 71, welche innerhalb des Rohrs 29 und oberhalb der Glasplatte 39 angeordnet ist. Der Antrieb 65, 67 dient dazu, die Lage einer Objektebene 83 des Objektives 61 auf eine Länge des gerade eingesetzten Taststiftes 47 einzustellen, wobei ein Benutzer die Position des Objektives 61 in z-Richtung derart einstellen wird, daß die Objektebene 83 im Bereich der Tastspitze 49 oder etwas darunter angeordnet ist.

Die Betrachtung der Objektebene bzw. der Tastspitze 49 erfolgt mit dem Objektiv 61 durch die Glasplatte 39 hindurch. Hierbei sind Teile des Taststiftes und bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 der gesamte Taststift 47 und sein Fuß 45, der an der Glasplatte 39 festgelegt ist, innerhalb des Strahlenganges des Objektivs 61 angeordnet. Dies wird auch daraus ersichtlich, daß Randstrahlen des Strahlenganges, d.h. Strahlen die am weitesten dezentral in die Eintrittslinse 71 des Objektivs 61 eintreten und die in den Figuren 2 und 3 mit dem Bezugszeichen 69 versehen sind, den Taststift 47 und den Ort 45, an dem dieser an der Glasplatte 39 gehalten ist, in der x-y-Ebene umgreifen. Obwohl Strukturen und nicht durchsichtige Komponenten des Tastkopfes 9, wie etwa der Fuß 45 des Taststiftes 74, innerhalb des Strahlenganges des Objektivs 61 angeordnet sind und Eingangsstrahlen des Objektivs teilweise abschatten, liefert das Objektiv 61 gleichwohl ein für den Beobachter gut erkennbares Bild der Objektebene des Objektivs.

Insgesamt ist mit der Anordnung des Objektivs 61 innerhalb des Chassis 27 derart, daß tragende Strukturen von dem Strahlengang des Objektivs durchsetzt werden, ein kompakter Aufbau für einen Tastkopf mit Beobachtungsoptik geschaffen. Die tragende Struktur, die von dem Strahlengang durchsetzt wird, ist die Glasplatte 39, welche die Funktion einer bezüglich des Chassis aus einer Ruhelage verlagerbaren Taststifthalterung übernimmt.

Nachfolgend werden Varianten der Erfindung erläutert. Hierbei sind ihrer Funktion einander entsprechende Komponenten mit den Bezugszahlen der Figuren 1 bis 3, zur Unterscheidung jedoch mit einem zusätzlichen Buchstaben versehen. Zur Erläuterung wird auf die gesamte vorangehende Beschreibung Bezug genommen.

Figur 4 zeigt einen Tastkopf 9a mit einem Chassis 27a, welches an einem Koordinatenmeßgerät anbringbar ist, wie es beispielsweise in Figur 1 gezeigt ist. Das Chassis 27a weist als Haltestruktur für weitere Komponenten ein Rohr 29a auf, welches in seinem Inneren ein Objektiv 61a mit einer einer Objekzebene 83a zuweisenden Eingangsseite 77 und einer dieser gegenüberliegenden Ausgangsseite 79 aufweist, an welche direkt eine Kamera 81 angeschlossen ist.

10 In der Objekzebene 83a ist eine Spitze 49a eines Taststiftes 47a angeordnet, welcher mit seinem anderen Ende 45a an einem Sensorsystem 85 befestigt ist.

15 Das Sensorsystem 85 ist ebenfalls an dem Chassis 27a gehalten, indem an dem vorderen Ende des Rohrs 29a eine Distanzhülse 87 angebracht ist, welche eine ringförmige Halterung 89 für das Sensorsystem 85 trägt und dieses derart vor dem Objektiv 61a anordnet, daß die Erstreckungsrichtung des Taststiftes 47a mit der optischen Achse 62a des Objektivs 61a im wesentlichen zusammenfällt.

Das Sensorsystem 85 ist in den Figuren 5 und 6 im Detail dargestellt.

25 Es umfaßt einen Körper 87 aus einem Silizium-Einkristall, dessen (100)-Ebene in der Zeichenebene der Figur 5 liegt, und die Struktur des Siliziumkörpers 87 wurde aus einem Vollkörper durch Ätzen gefertigt.

30 Ein Außenumfang des Siliziumteils 87 ist durch ein quadratisches Rahmenteil 89 gebildet. Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel weist das Rahmenteil eine Kantenlänge l von 6mm auf, und eine Profildicke D des Rahmens 89 beträgt 0,5mm. Es können jedoch auch größere oder kleinere Abmessungen für das Rahmenteil eingesetzt werden.

Eine Taststifthalterung 91 ist zentral in dem Rahmen 89 an vier Streifen 93 aufgehängt, die sich jeweils mittig an Seiten des Rahmens 89 nach innen erstrecken (in der Draufsicht der Figur 5). Beidseits eines jeden Haltestreifens 93 ist eine Ausnehmung 95 vorgesehen, welche den Durchtritt von Lichtstrahlen aus der Objektebene 83a zu der Eintrittsseite 77 des Objektivs 61a erlauben. Eine jede Ausnehmung 95 ist in der Zeichenebene der Figur 5 durch zwei Seiten des Rahmens 89, durch zwei Streifen 93 und die Taststifthalterung 91 begrenzt.

Die Streifen 93 weisen bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel im Vergleich zu der Profildicke  $D$  des Rahmens 89 eine wesentlich geringere Dicke  $d$  von  $30\mu\text{m}$  und damit bereits bei vergleichsweise geringen Biegekräften eine merkliche elastische Deformierbarkeit auf. Somit ist die Taststifthalterung 91 über die Streifen 93 in dem Rahmen 89 in einer Ruhelage gehalten, aus der sie elastisch auslenkbar ist. Auch für die Dicke  $d$  können größere oder kleinere Werte eingesetzt werden.

Der Taststift 47a weist einen auf der Taststifthalterung 91 aufgeklebten Fuß 97 mit einem Durchmesser von  $1\text{mm}$  auf, in den ein Schaft 99 mit einer Dicke von  $0,2\text{mm}$  und einer Länge von  $8\text{mm}$  eingesteckt ist und dessen Ende die Rubinkugel 49a mit einem Durchmesser  $0,3\text{mm}$  trägt. Auch hier sind die Abmessungen des Taststifts 47a lediglich beispielhaft angegeben, und es können auch andere Werte eingesetzt werden.

Auf einer von der Tastspitze 49a wegweisenden Fläche eines jeden Streifens 93 sind zwei Dehnmeßstreifen bzw. Piezowiderstände aufgebracht, nämlich ein Widerstand 101, der sich von einem dem Streifen 93 nahen Bereich des Rahmens 89 bis in einen dem Rahmen 89 nahen Bereich des Streifens 93 erstreckt, und einen weiteren Widerstand 103, der sich von einem der Taststifthalterung 91 nahen Bereich des Streifens 93 bis in einen dem Streifen 93 nahen Bereich der Taststifthalterung 91

erstreckt. Mit diesen insgesamt 8 Dehnmeßstreifen 101, 103, deren elektrische Verschaltung in den Figuren 5 und 6 nicht dargestellt ist, kann die Auslenkung der Taststifthalterung 91 aus der in den Figuren 5 und 6 gezeigten Ruhelage mittels einer in den Figuren ebenfalls nicht dargestellten Steuerung erfaßt werden, wie dies aus den Figuren 7 und 8 näher hervorgeht.

Figur 7 zeigt eine Situation, in der auf die Tastspitze 49a eine Kraft  $F$  wirkt, die in Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 orientiert ist. Wie aus Figur 7 ersichtlich ist, führt dies zu einer Dehnung der der Taststifthalterung 91 nahen Dehnmeßstreifen 103 sowie zu einer Kompression der anderen dem Rahmen 89 nahen Streifen 101.

In Figur 8 ist eine Situation dargestellt, in der auf die Tastspitze 49a eine Kraft  $F'$  wirkt, die senkrecht zur Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 gerichtet ist. Dies führt dazu, daß von den in Figur 8 gezeigten rahmennahen Streifen 101 und taststifthalterungsnahen Streifen 103 jeweils einer komprimiert und einer gedehnt wird, wobei von den Dehnmeßstreifen 101, 103 eines jeden Haltestreifens 93 jeweils einer komprimiert und der andere gedehnt wird.

Durch Auslese der von den Dehnmeßstreifen 101, 103 bereitgestellten Meßsignale und Auswertung derselben ist die auf die Tastspitze 49a einwirkende Kraft sowohl hinsichtlich ihres Betrages als auch ihrer Richtung ableitbar.

Der Sensor hat somit zum einen die Funktion, den Taststift 47a gegenüber dem Chassis verlagerbar zu halten, und zum anderen hat er die Funktion, die Auslenkung der Taststifthalterung 91 bezüglich des Chassis zu messen. Hierzu sind die Sensorkomponenten 91 und 89 über die Haltestreifen 93 elastisch miteinander verbunden. Die Komponente 91 dient als unmittelbare Halterung für den Taststift, und der Rahmen 89



ist mit dem übrigen Chassis 27a des Tastkopfes 9a fest verbunden und kann hinsichtlich seiner mechanischen Funktion dem Chassis 27a zugerechnet werden. Die Streifen 93 bilden zusammen einen Querträger, der die Taststifthalterung 91 und das Chassis 27a bzw. den Rahmen 89 miteinander verbindet und sich quer zur Erstreckungsrichtung des Schaftes 99 erstreckt. Der somit gebildete Querträger weist mehrere Ausnehmungen 95 auf, so daß er bereichsweise lichtdurchlässig ausgestaltet ist, um eine Beobachtung der Tastspitze 49a mit dem Objektiv 61a zu ermöglichen, wobei der Querträger 93 zwischen der Tastspitze 49a und der Eingangsseite 77 des Objektivs 61a angeordnet ist.

Alternativ zu der Aufbringung von Dehnmeßstreifen auf die Streifen 93 auf deren von der Tastspitze 49a wegweisenden Seite ist es auch möglich, die Dehnmeßstreifen auf die der Tastspitze 49a zuweisenden Seite anzubringen. Ebenso ist es möglich, den Dehnungssensor durch direktes Dotieren der Streifen 93 oder diesen benachbarter Bereiche des Rahmenteils 89 auszubilden. Hierbei werden geeignete Dotierstoffe in einer derartigen Konzentration in das Silizium eingebracht, daß dieses einen piezoelektrischen Effekt zeigt.

Figur 9 zeigt eine Variante des in den Figuren 5 und 6 gezeigten Sensorsystemes, wobei ein Siliziumkörper 87b der Figur 9 sich von dem in den Figuren 5 und 6 gezeigten dadurch unterscheidet, daß hier ein Taststifthalter 91b mit acht dünnen Haltestreifen 93b an einem Rahmenteil 89b des Sensorsystemes 85b gehalten ist. Zwischen einem jeden Paar von benachbarten Haltestreifen 93b ist wiederum eine Ausnehmung 95b vorgesehen, um den Lichtdurchtritt zur Beobachtung einer Objektebene mittels Objektiv zu ermöglichen.

Bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen ist das Auslenkungsmeßsystem dazu in der Lage, die Größe der Auslenkung der Taststifthalterung aus ihrer Ruhelage zu bestimmen.

Hierdurch ist es insbesondere möglich, die Tastspitze mit einer vorgegebenen Andruckkraft entlang einer Werkstückoberfläche zu steuern. Es ist jedoch ebenfalls vorgesehen, als Auslenkungsmeßsystem ein schaltendes Meßsystem einzusetzen, welches lediglich zwischen einem Zustand, der eine Berührung der Werkstückoberfläche anzeigt, und einem anderen Zustand, der Nichtberührung der Werkstückoberfläche anzeigt, umschaltet.

Es ist ebenfalls möglich das Meßsystem derart auszulegen, daß der Taststift um eine Ruhelage oszillierend gehalten wird, wobei ein Schwingkreis eine solche Oszillation während des Meßbetriebes aufrecht erhält. Eine Annäherung der Tastspitze an die Werkstückoberfläche oder eine Berührung der Werkstückoberfläche durch die Tastspitze führt zu einer Bedämpfung und gegebenenfalls Frequenzverschiebung der Oszillation, welche ebenfalls erfaßt werden kann.

In den vorangehenden Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Taststift jeweils im wesentlichen auf der optischen Achse der Beobachtungsoptik. Es ist jedoch ebenfalls möglich, die optische Achse der Beobachtungsoptik versetzt zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes anzuordnen oder einen geknickten oder gebogenen Taststift mit zwei oder mehreren Erstreckungsrichtungen zu verwenden. Wesentlich für die Erfindung ist hierbei, daß die Beobachtungsoptik die Taststiftspitze durch eine halternde Struktur für den Taststift "hindurch" beobachtet.

### Patentansprüche

1. Tastkopf für ein Koordinatenmeßgerät (1), umfassend:

5 ein an dem Koordinatenmeßgerät (1) anbringbares Tastkopfchassis (29),

10 eine an dem Tastkopfchassis (29) aus einer Ruhelage auslenkbar gehaltene Taststifthalterung (39; 91), an der ein Taststift (47) zur Antastung eines Werkstücks (17) anbringbar ist,

15 ein Auslenkungsmeßsystem (55, 57; 101, 103) zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung (39; 91) bezüglich des Tastkopfchassis (29), und

eine Beobachtungsoptik (61) zur Beobachtung einer Spitze (49) des Taststiftes (47),

20 dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Komponenten Taststifthalterung (39; 91) und Tastkopfchassis (29) einen sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes (47) erstreckenden Querträger (39; 93) aufweist, welcher wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ist  
25 und im Strahlengang (69) der Beobachtungsoptik (61) angeordnet ist.

2. Tastkopf nach Anspruch 1, wobei der Querträger (39; 93) zwischen einer Objektivlinse (71; 77) der Beobachtungsoptik (61) und einer Spitze (49) des Taststiftes (47)  
30 angeordnet ist.

3. Tastkopf nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Querträger (39) aus einem durchsichtigen Material, insbesondere aus Glas, gefertigt ist.  
35

4. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Querträger (93) wenigstens eine Ausnehmung (95) für den Lichtdurchtritt zur Beobachtungsoptik (61a) aufweist, wobei insbesondere mehrere in Umfangsrichtung um eine Längsachse (62a) des Taststiftes (47a) verteilt angeordnete Ausnehmungen (95a) vorgesehen sind.
5. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Taststifthalterung (45; 91) oder/und ein Verbindungsbereich (39; 93) zwischen Taststifthalterung (45; 91) und Tastkopfchassis (47), innerhalb des Strahlengangs (69) der Beobachtungsoptik (61) angeordnet ist.
6. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei sich der Taststift (47) im wesentlichen entlang einer Hauptachse (62) der Beobachtungsoptik (61) erstreckt.
7. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Querträger (91) elastisch deformierbar ist und das Tastkopfchassis (89) und die Taststifthalterung (91) elastisch miteinander verbindet.
8. Tastkopf nach Anspruch 7, wobei das Tastkopfchassis (89) und die Taststifthalterung (91) integral aus einem Materialblock (87), insbesondere aus einem Einkristall, gefertigt sind.
9. Tastkopf nach Anspruch 7 oder 8, wobei das Auslenkungsmeßsystem (101, 103) eine elastische Deformation des Querträgers (93) erfaßt, um die Auslenkung der Taststifthalterung (91) bezüglich des Tastkopfchassis (89) zu bestimmen.
10. Tastkopf nach Anspruch 9, wobei das Auslenkungsmeßsystem wenigstens einen Dehnungssensor, insbesondere einen Dehnungssensor aus einem piezoelektrischen Material

oder/und einen Dehnmeßstreifen (101, 103), umfaßt, um die elastische Deformation des Querträgers (91) zu erfassen.

- 5 11. Koordinatenmeßgerät mit einer Werkstückhalterung (15) und einem bezüglich der Werkstückhalterung (15) räumlich verfahrbaren Tastkopf (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Antasten eines an der Werkstückhalterung (15) anbringbaren Werkstücks (17).

10

12. Verfahren zum Antasten eines Werkstückes (17), umfassend:

15

ein Koordinatenmeßgerät (1) nach Anspruch 11 mit an dessen Taststifthalterung (39, 91) angebrachtem Taststift (47) bereitzustellen,

20

den Tastkopf (9) relativ zu dem Werkstück (17) räumlich insbesondere schrittweise zu verfahren, um die Spitze (49) des Taststifts (47) an einer gewünschten Stelle in Kontakt mit dem Werkstück (17) zu bringen,

25

eine Benutzerbeobachtung der Lage der Spitze (49) des Taststiftes (17) bezüglich des Werkstückes mittels der Beobachtungsoptik (21, 61) während des Verfahrens zu ermöglichen,

einen Verfahrensweg des Tastkopfes (9) relativ zu dem Werkstück (17) in Abhängigkeit von wenigstens einer Benutzereingabe zu ändern.

### Zusammenfassung

Es wird ein Tastkopf 9 für ein Koordinatenmeßgerät vorgeschlagen, umfassend, ein an dem Koordinatenmeßgerät anbringbares Tastkopfchassis 29, eine an dem Tastkopfchassis 29 aus einer Ruhelage auslenkbar gehaltene Taststifthalterung 39, an der ein Taststift 47 zur Antastung eines Werkstücks 17 anbringbar ist, ein Auslenkungsmeßsystem 55, 57 zur Erfassung einer Auslenkung der Taststifthalterung 39 bezüglich des Tastkopfchassis 29 und eine Beobachtungsoptik 61 zur Beobachtung einer Spitze 49 des Taststiftes 47.

Der Tastkopf 1 zeichnet sich dadurch aus, daß wenigstens eine der Komponenten Taststifthalterung 39 und Tastkopfchassis 29 einen sich quer zur Erstreckungsrichtung des Taststiftes 47 erstreckenden Querträger 39 aufweist, welcher wenigstens bereichsweise lichtdurchlässig ist und im Strahlengang 69 der Beobachtungsoptik 61 angeordnet ist.

(Figur 2)



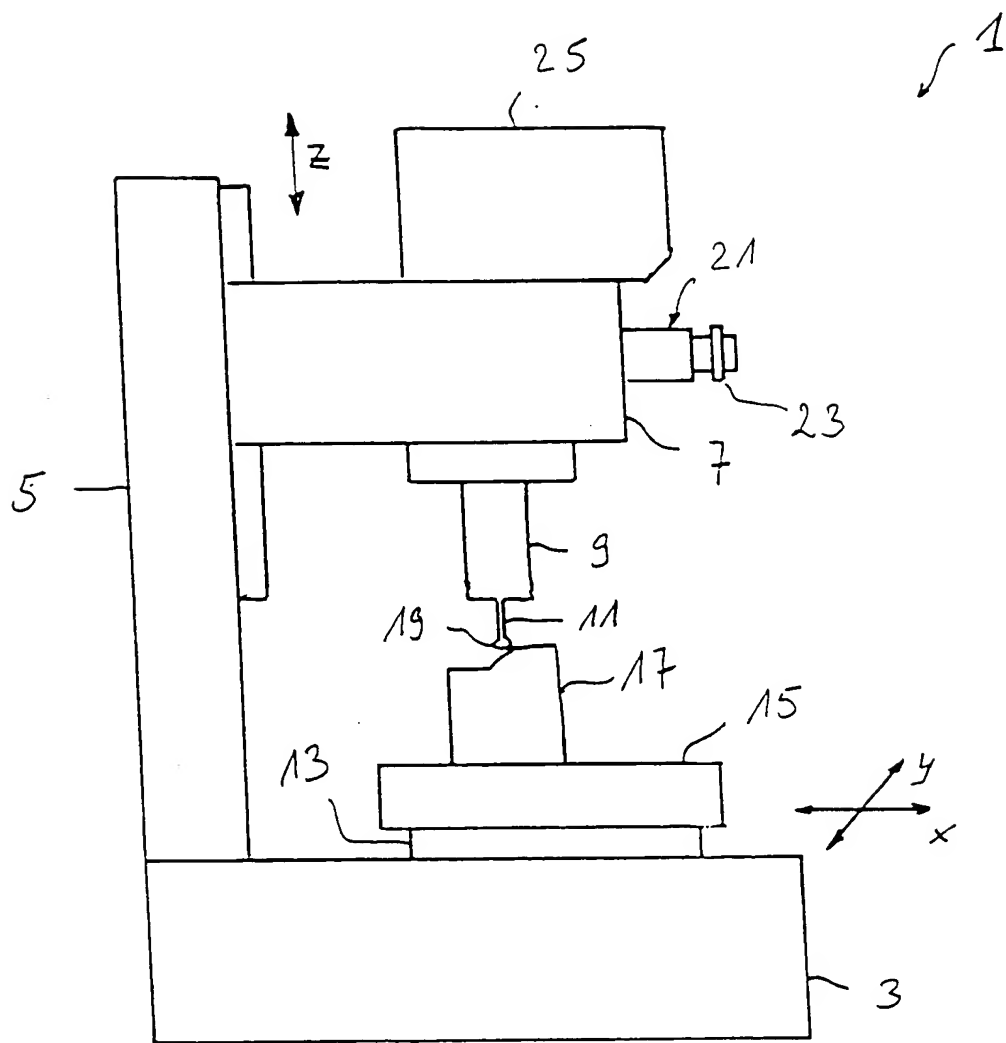


Fig 1





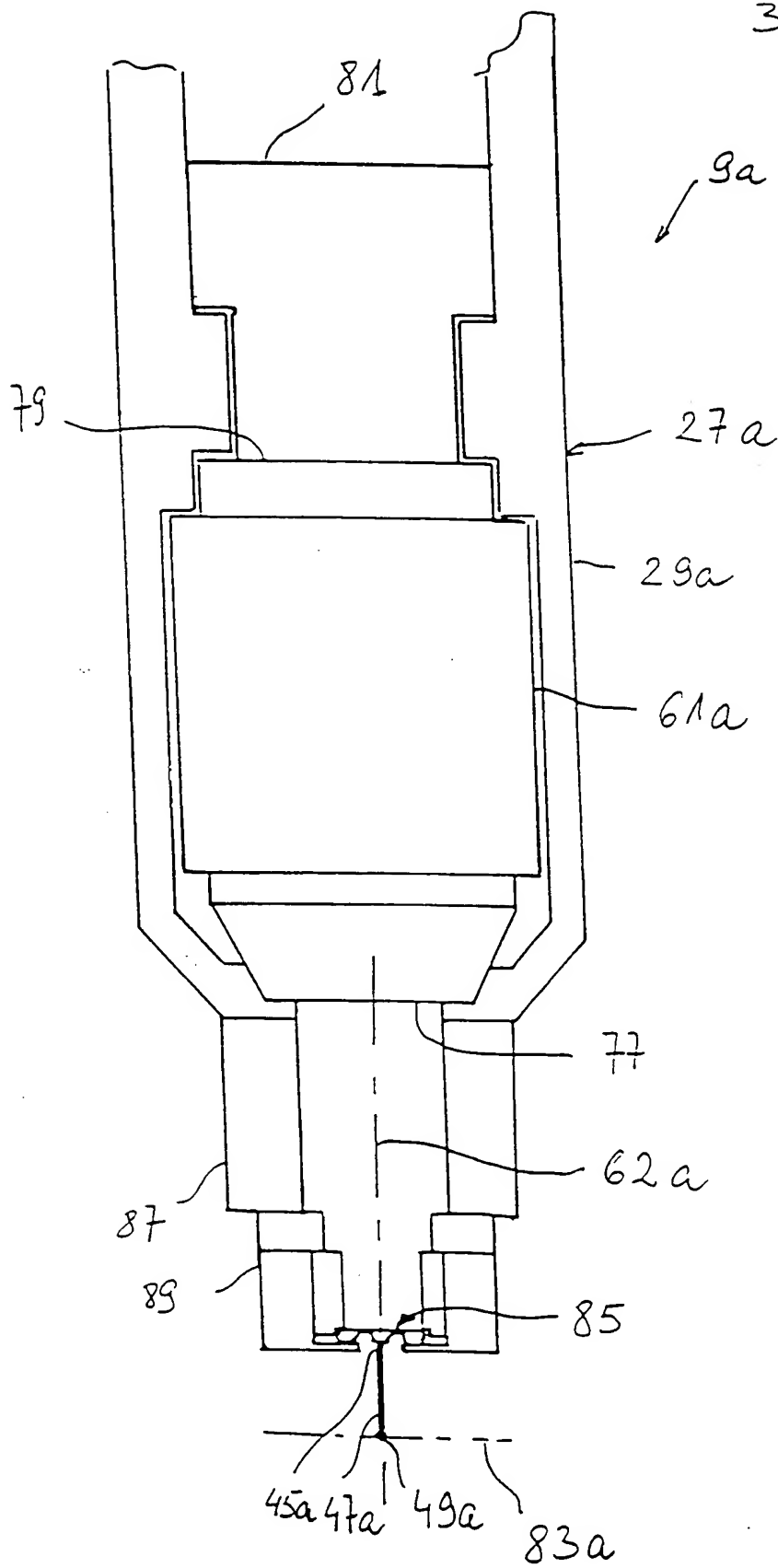
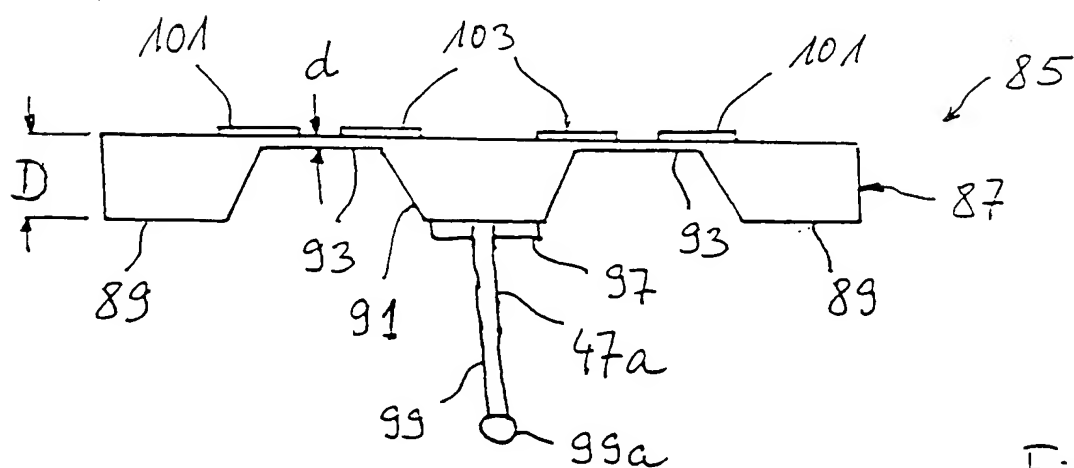
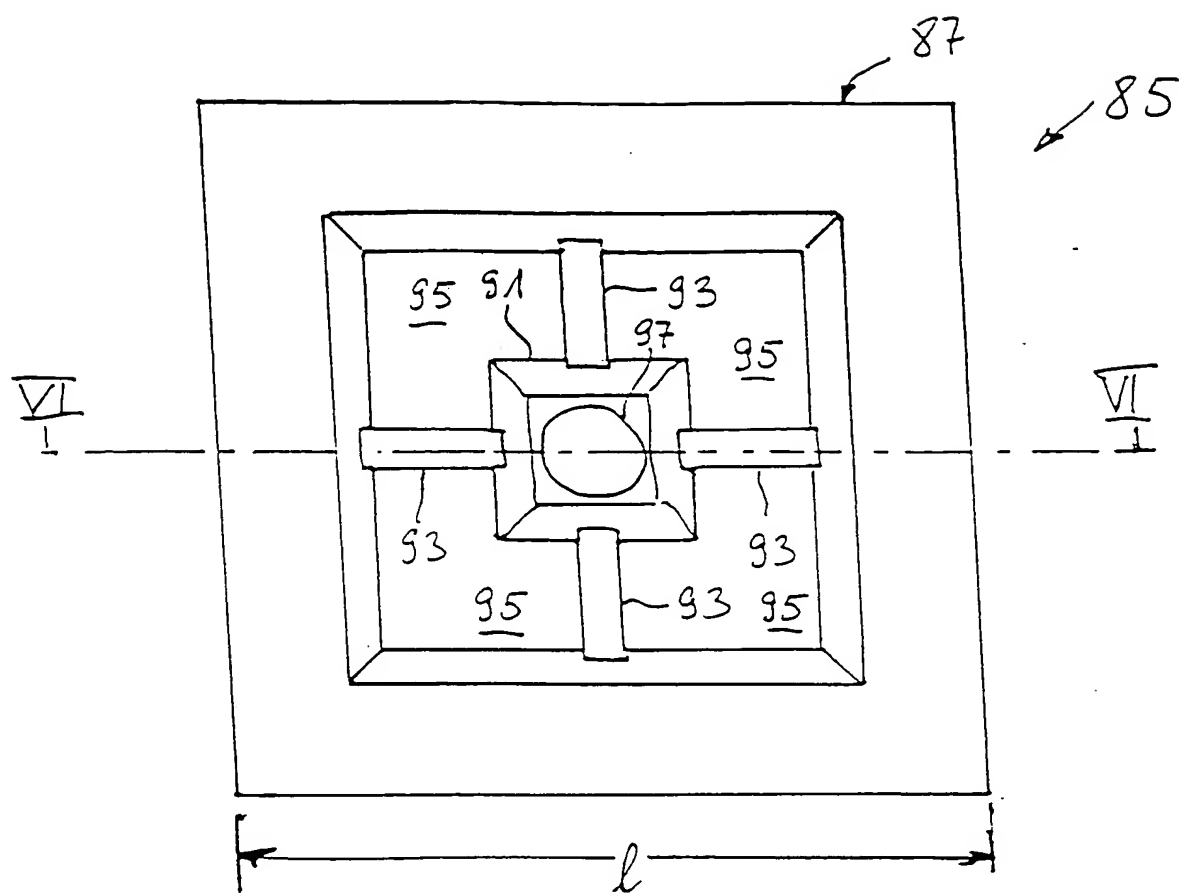
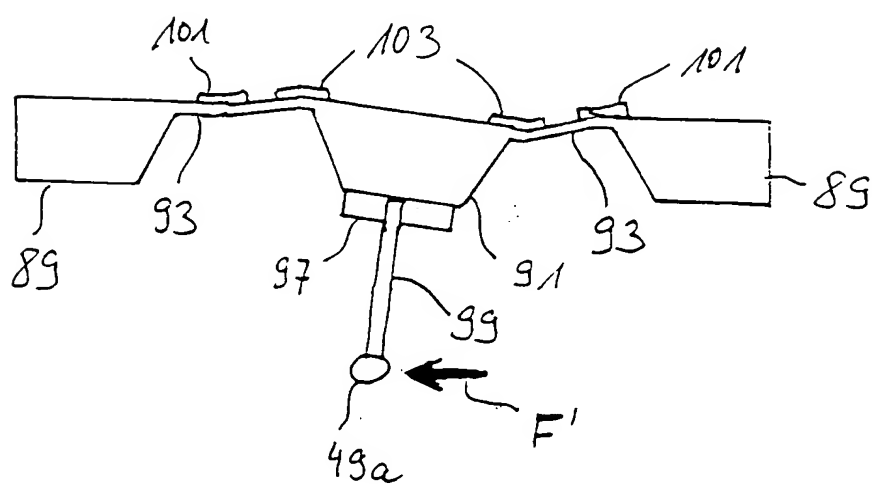
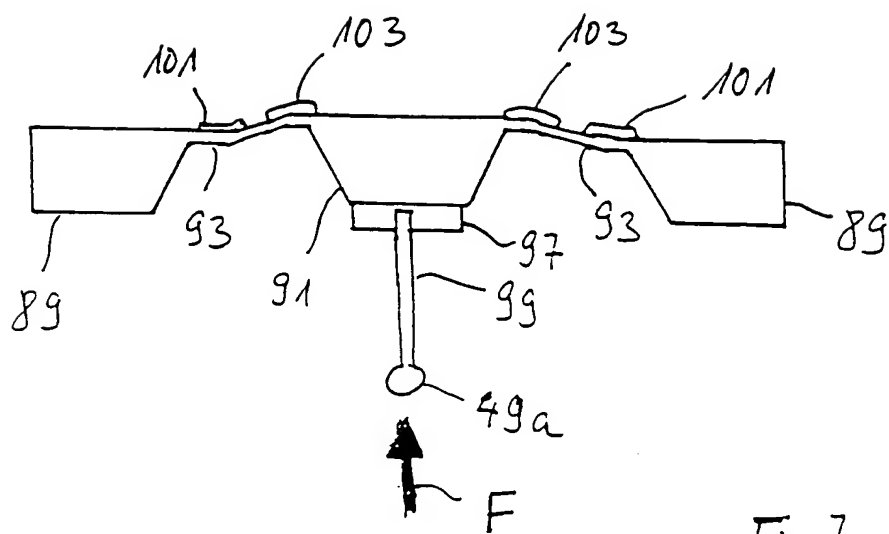


Fig 4





6/6

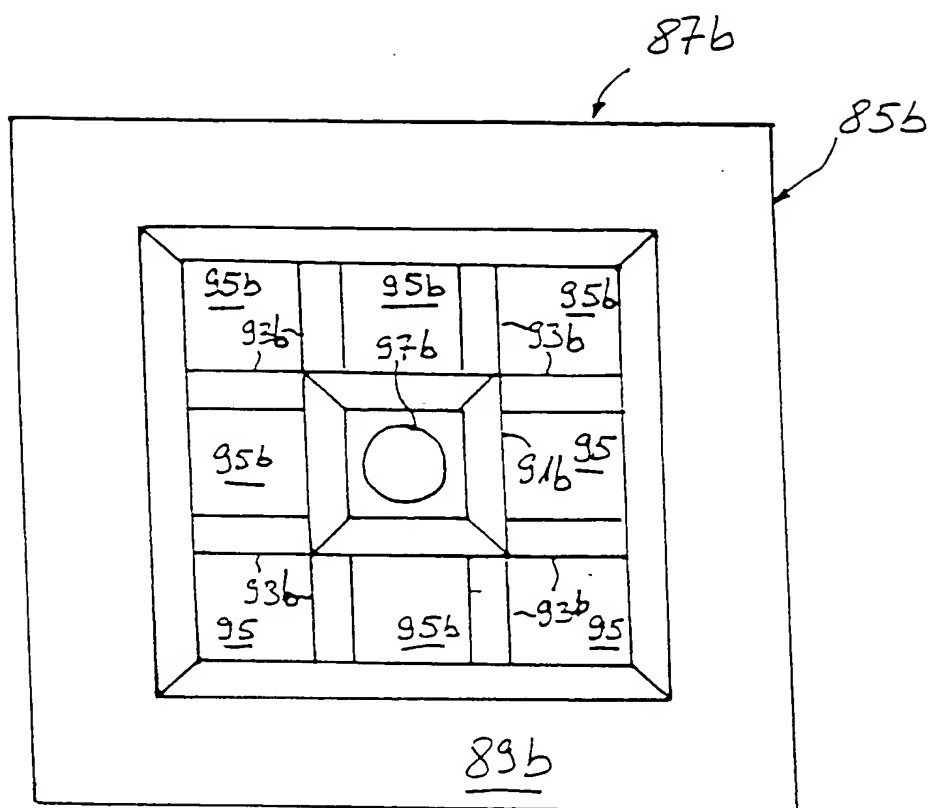


Fig 9